

KALIN KESİTLİ KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERDE KABA (CHUNKY) GRAFİT OLUŞUMU VE ÇÖZÜMLERİ ÜZERİNE DENEYSEL ÇALIŞMA

Orhan ÇAKIR ve F. Önder ORHANER

AKDAŞ Döküm Sanayi ve Ticaret A.Ş., Ankara, Türkiye

ÖZET

Bu deneysel çalışmada; soğutucu kullanımının, farklı kimyasal içeriklere sahip aşılایıcıların ve ana malzeme kimyasal içeriğine eklenen Antimuanın kaba grafit oluşumu üzerine etkileri araştırıldı. Yapılan denemeler sonrasında, soğutucu kullanmanın kesit modülünü düşürerek kaba grafit oluşumunu azalttığı ancak, tamamen ortadan kaldırmadığı belirlendi. Buna karşın; ana metale eklenen Antimuanın tek başına etkili olduğu ve diğer değişkenlerden bağımsız olarak kaba grafit oluşumunu tamamen engellediği belirlendi.

ABSTRACT

In this study, effect of external chills, inoculating with inoculants having different chemical compositions and addition of Antimony into the base metal chemistry were examined. It has been concluded that external chilling reduces chunky graphite formation in some extend but not prevent formation of it at all. However, adding certain amount of Antimony into the base metal chemistry totally prevents the formation of chunky graphite.

Key Words: Chunky Graphite, Ductile Cast Iron, Antimony

1.GİRİŞ

Küresel grafitli dökme demirlerde katılaşma sırasında grafit nodüllerinde şekil bozuklukları oluşabilir. Bu şekil bozuklukları genellikle mekanik değerlerde düşmelere neden olur. Özellikle, kalın kesitli ve yüksek tonajlı dökümlerde katılaşma süresinin uzamasıyla birlikte şekil bozukluklarının oluşması daha yoğundur. Bu yoğunluk, sıvı metal içerisindeki aktif element miktarının önemli oranlarda değişmesi nedeniyle olmaktadır (1). Bu şekil bozuklukları içerisinde kaba grafit (Chunky Grafit, CHG) olarak adlandırılan tip özellikle kalın kesitli dökümlerde ön plana çıkmaktadır.

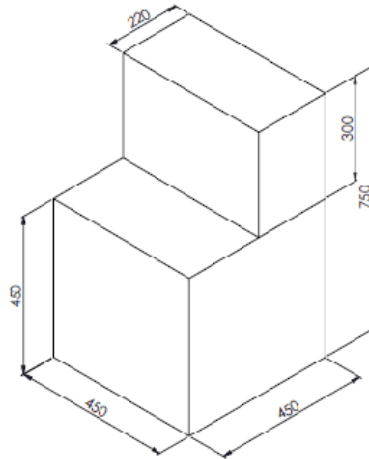
CHG, mekanik özellikleri belirgin bir şekilde düşürmektedir. Mekanik özelliklerdeki düşme çekme ve yorulma dayanımında ve uzamada çok belirgin

olduğu halde akma dayanımında belirgin değildir (2, 3). CHG in, son katılma noktalarında ortaya çıkması bu sorunun üretimin ileri aşamalarında, örneğin; talaşlı üretim sırasında tanımlanabilmesine neden olmaktadır (4). Küresel grafitli dökme demirin kimyasal içeriğinde bulunan Ce un, temiz malzeme kullanılarak yani kirletici elementlerin olmadığı ya da önemsiz oranlarda olduğu malzemelerle yapılan ergitimlerde ve ana metalin yüksek karbon (ötektik ötesi) eşdeğerine sahip olduğu durumlarda CHG oluşumuna neden olduğu bilinmektedir (5, 6). Normal olarak FeSiMg alaşımlarının büyük bir çoğunluğu ergitimde kullanılan malzemelerden gelebilecek kirleticilerin etkilerini azaltmak amacıyla bir miktar (en çok % 0.2) Ce içermektedirler. Dolayısıyla, ana metal kimyasal içeriğinde Ce bulunma olasılığı her zaman yüksektir. Bu nedenle de kalın kesitli dökümlerde son katılma bölgelerinde kaba grafit yapısına sıklıkla rastlanmaktadır.

CHG oluşumunun, kalın kesitlerde oluşması yani soğuma hızına bağlı olarak daha etkin hale gelmesi nedeniyle dış soğutucu kullanmanın CHG oluşumunu azalttığı da bilinmektedir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada alfaset kum kalıba dökülen 7.5 modüllü DIN EN 1563 EN-GJS-400-15U (DIN 1693 GGG40) malzemedan küpler kullanıldı. Küpler 450 X 450 X 450 mm boyutlarındaydı (Şekil 1). Küreselleştirme işleminde kullanılan FeSiMg alaşımının içeriği Çizelge 1 de verilmektedir. Tüm denemelerde aynı tip küreselleştirici % 1 oranında kullanıldı. Her bir deneme döküm için küreselleştirme işlemi, döküm potasında “Sandvich” yöntemi kullanılarak yapıldı. Denemelerde, değişik kimyasal içeriklere sahip 2 tür aşılavıcı % 0.9 oranında kullanıldı (Çizelge 2). Dış soğutucu kullanımının CHG oluşumu üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla üç denemede üst dereceye yerleştirilen 220 X 450 X 300 mm boyutlarında çelik dış soğutucular, küplerin yaklaşık olarak yarısında etkili olacak şekilde kullanıldı (Şekil 1).



Şekil 1. Deneylerde kullanılan küp ve dış soğutucu boyutları

Çizelge 1. Deneyleerde kullanılan sfero yapıcının kimyasal analizi

Si	Mg	Ca	Al	RE
%				
45.50	6.10	1.12	0.91	0.94

Çizelge 2. Deneyleerde kullanılan aşılaiıcıların kimyasal analizi

Aşılaiıcı	Si	Ca	Ba	Sr	Zr	Ce	Mn	Al
X	45.0~50.0	1.0~2.0	1.5~2.5	-	5.0~8.0	-	5.0~8.0	1.0~2.0
Y	72.0~78.0	1.0~2.0	2.0~3.0	-	-	-		> 1.5

Ergitimde % 50 çelik hurda ve % 50 pik kullanıldı. Deneme küpler için belirlenen hedef kimyasal analiz, Çizelge 3 te verilmektedir. Ergitimler, 1500 kg kapasiteli çekirdeksiz orta frekanslı ve nötr astarlı indüksiyon ocağında yapıldı. Ocaktan alma sıcaklıkları, 1395~1400°C ve döküm sıcaklıkları da 1320~1330°C arasındaydı. Sb kullanılarak yapılan denemelerde Sb, ocaktan alma öncesinde ocağa eklendi. Sb, sırasıyla %0.020 (küp no 5) , %0.015 (küp no 6) ve %0.010 (küp no 7) oranlarında katıldı (Çizelge 4).

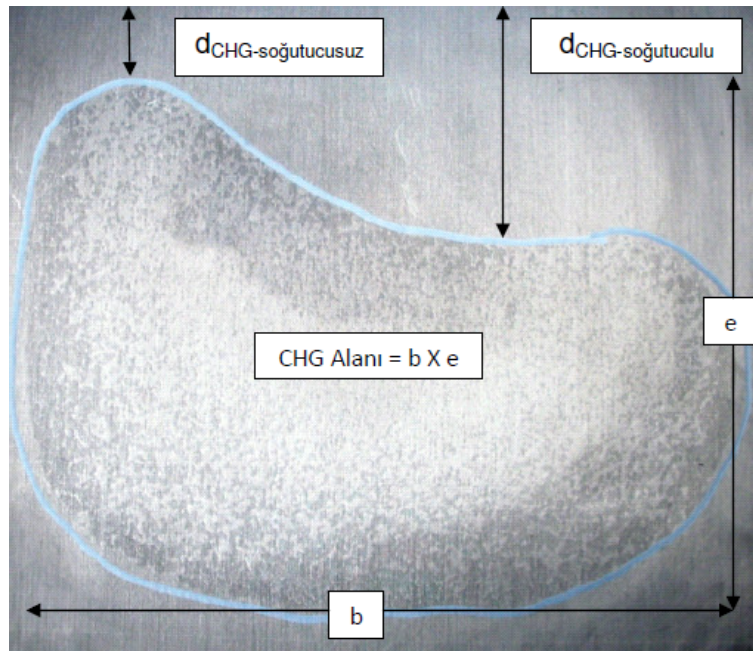
Çizelge 3. EN GJS 400-15U Malzemenin kimyasal içeriği

Kimyasal İçerik						
%						
C	Si	Mn	S	P	Mg	CE
3.24	2.23	0.20	0.007	0.019	0.033	3.98

Çizelge 4. Deneyleerde uygulanan döküm koşulları

Test Blok No	Aşılaiıcı Tipi	% Sb	Döküm Sıcaklığı, °C
1	X	0	1339
2	X	0	1339
3	Y	0	1337
4	Y	0	1355
5	X	0.020	1320
6	X	0.015	1325
7	X	0.010	1350

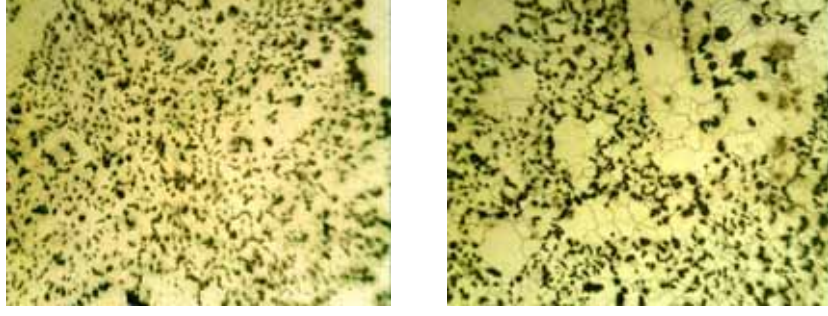
Döküm sonrasında katılaşması tamamlanan küpler ortadan ikiye testere ile kesilerek CHG oluşumu görsel olarak belirlendi. CHG oluşumları her bir küp için üst dereceye ve alt dereceye olan uzaklık ve alan olarak kayıt altına alındı (Şekil 2). CHG alanları tanımlanırken soğutucuların etkileri gözardı edilerek hesaplama yapıldı. Yine aynı küplerden hem CHG olan hem de CHG olmayan bölgelerden metalografik numuneler alındı. Numuneler optik mikroskopta 100 X büyütmede incelendi. İncelemeler hem % 2 nital ile dağlanmış hem de dağlanmamış numunelerde yapıldı. İnceleme sırasında CHG oluşmamış bölgelerden alınan her bir numune için farklı yerlerden alınan 5 ayrı görüntüden elde edilen nodul sayılarının ortalaması değerlendirildi ve her bir küp için ortalama nodül sayısı belirlendi. İç yapı incelemelerine ek olarak CHG oluşan ve oluşmayan bölgelerden alınan örneklerde çekme testleri de gerçekleştirildi.



Şekil 2. CHG alanlarının belirlenmesi

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Çizelge 3 te her bir deneme koşulunda oluşan CHG alanı (A_{CHG}) ve bu alanların yüzeye olan uzaklıkları (d_{CHG}) verilmektedir. Yine aynı Çizelgede her bir koşul için oluşan mikroyapı (F: Ferrit ve P: Perlit) ve nodul sayısı da (N) verilmektedir. Şekil 2 den de anlaşılacağı gibi testereyle kesilen küp yüzeylerinde CHG oluşumunu belirgin bir şekilde ortaya çıkan karışıklık nedeniyle ayırt etmek çok kolaydır. CHG alanlarının hesaplamasında da görsel olarak belirlenen sınırlar kullanıldı (Şekil 2). CHG oluşan bölgelerden alınan iç yapı örneklerinde kaba grafitlerden oluşan ağ yapı ve ferrit taneleri açık bir şekilde görülmektedir. (Şekil 3).



(a)

(b)

Şekil 3. CHG oluşan bölgelerde iç yapı; (a) Dağlanmamış ve (b) Dağlanmış (100 X)

Nodul Sayısının (NS), metal içeriğine eklenen Sb oranına bağlı olarak değiştiği ve katılan Sb oranı arttıkça oluşan nodül sayısının düştüğü belirlendi (Çizelge 4 ve Şekil 4).

Çizelge 4. CHG Alan Büyüklükleri

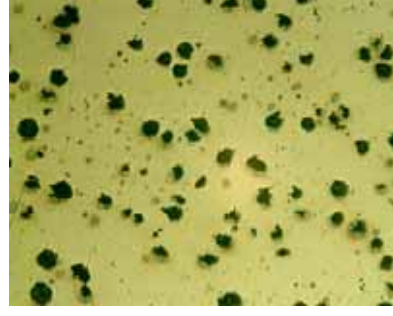
Deney No	İç Yapı	NS	CHG, mm ²	Soğutucu Etkisi, %
1	F	150	144300	0
2	F	70	116000	28
3	F	150	104400	35
4	F	200	124000	32
5	P	40	0	-
6	P+F	50	0	-
7	F	100	0	-

Çizelge 4 ten de anlaşılacağı gibi değişik kimyasal içeriğe sahip aşılama kullanımı ile CHG oluşumu arasında belirgin bir değişim gözlenmemektedir. Dolayısıyla, kullanılan aşılama uygulamaları uygulanan deney koşullarında CHG oluşumuna herhangi bir etkisi yoktur.

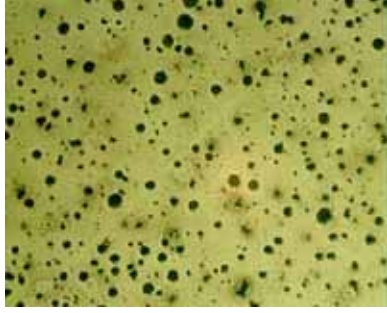
Literatürde CHG oluşumu ve nodül sayısı arasında bir ilişki olduğu ve nodül sayısı arttıkça CHG yoğunluğunda arttığı belirtilmektedir (9). Ancak, bu çalışmada yapılan nodül sayımları sonrasında nodül sayısı ile CHG oluşumu arasında literatürde belirtilenlerin aksine belirgin bir ilişkiye rastlanmamıştır.



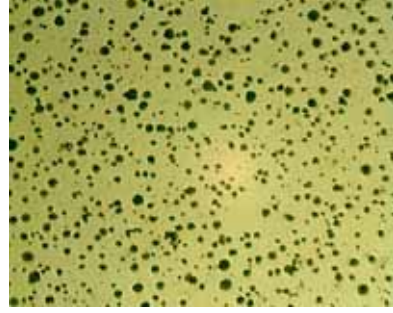
(1)



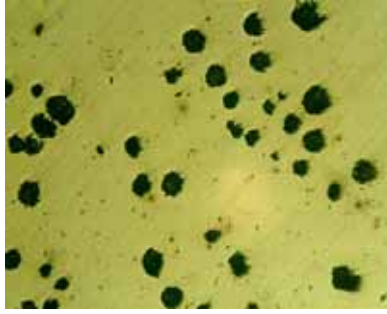
(2)



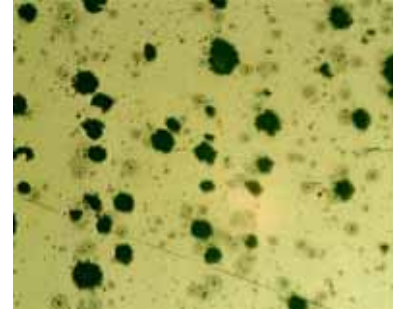
(3)



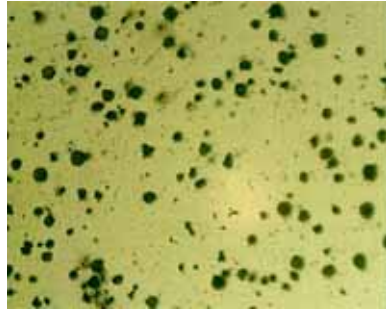
(4)



(5)



(6)



(7)

Şekil 4. Test parçalarında nodul dağılımı (100 X)

Deneylerde kullanılan dış soğutucular, katılma süresini etkileyerek CHG oluşumunu diğer deney değişkenlerinden bağımsız olarak her durumda azaltmaktadır. Soğutucu kullanımı, CHG oluşumunu uygulanan deney koşullarında ortalama % 32 oranında $((d_{\text{CHG-soğutuculu}} - d_{\text{CHG-soğutucusuz}}) / d_{\text{CHG-soğutuculu}} \times 100)$ azaltmaktadır (Çizelge 4). Ancak, deney sonuçlarından da anlaşılacağı gibi deneylerde kullanılan module sahip parçalarda soğutucu kullanarak CHG oluşumu tamamen engellenmemektedir.

Yapılan çekme deneyi sonuçları Çizelge 5 ve 6 da verilmektedir. CHG oluşan (küp merkezi) ve oluşmayan (küp dış bölgesi) bölgelerden alınan örneklerle yapılan çekme deneyi sonuçlarına göre; CHG oluşumunun literatürde ki bulgulara benzer şekilde akma dayanımı üzerine bir etkisi yoktur (Çizelge 5). Ancak, çekme dayanımı, uzama ve kesit daralması CHG oluşumuyla birlikte belirgin bir şekilde azalmaktadır (Çizelge 5). Mekanik özelliklerdeki kayıp en çok uzama ve kesit daralması oranlarındadır (sırasıyla % 63 ve 68).

Çizelge 5. CHG nin Mekanik Test Sonuçlarına Etkisi

Test Bölgesi	Akma Dayanımı*	Çekme Dayanımı*	Uzama*	Kesit Daralması*
	MPa		%	
CHG siz	260	386	19	19
CHG li	259	334	7	6

*Sb katılmamış 4 deneyin ortalaması

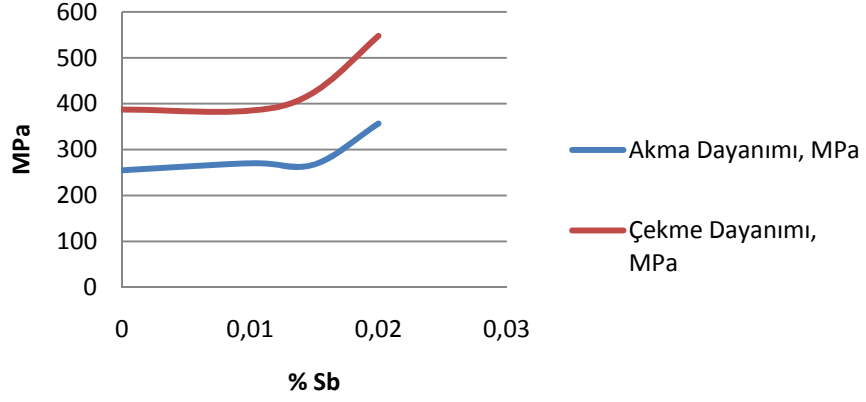
Sb nin eklendiği deney koşullarında CHG oluşumuna rastlanmamıştır. Dolayısıyla, kimyasal içeriğe %0.020-0.010 oranında katılan Sb, CHG oluşumunu tamamen engellemektedir. Ancak, Sb malzemenin mekanik özelliklerini belirgin bir şekilde düşürmektedir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Sb nin Mekanik Test Sonuçlarına Etkisi

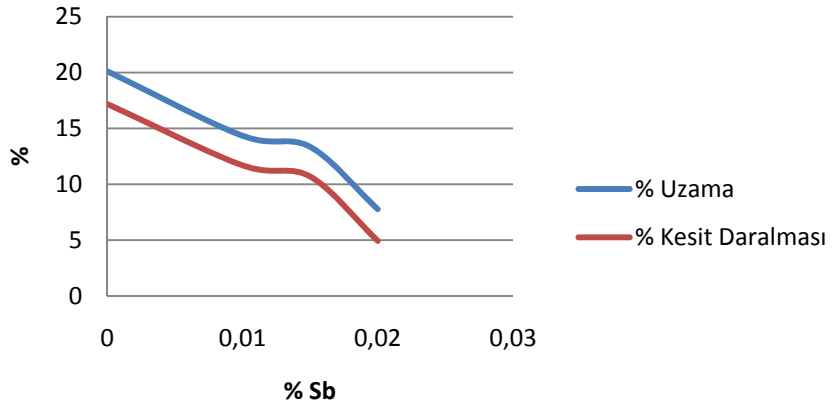
Sb	Akma Dayanımı,	Çekme Dayanımı	Uzama	Kesit Daralması
%	MPa		%	
0.020	357	548	8	5
0.015	268	426	13	11
0.010	270	385	14	12
0*	259	386	19	19

*Sb katılmamış 4 deneyin ortalaması

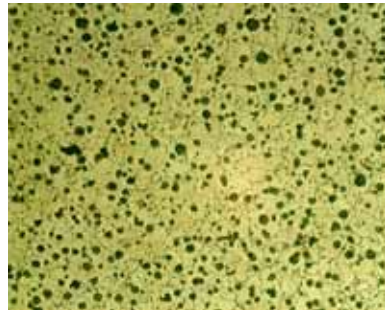
Kimyasal içeriğe eklenen Sb, en çok uzama ve kesit daralması oranlarını düşürmektedir (sırasıyla % 61 ve % 71).



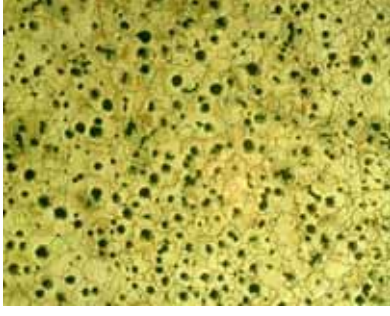
Şekil 5. Sb katkı oranının Akma ve Çekme Dayanımına etkisi.



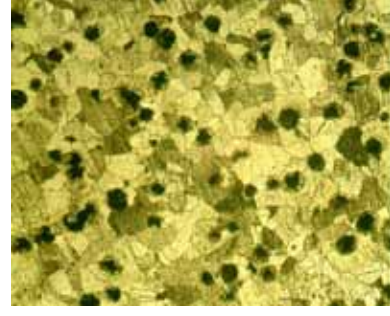
Şekil 6. Sb katkı oranının Uzama ve Kesit Daralmasına etkisi.



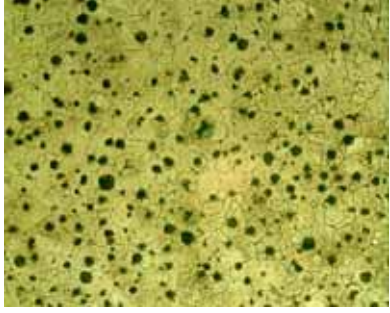
Şekil 7. Sb katkısız numunelerde tipik iç yapı (100 X)



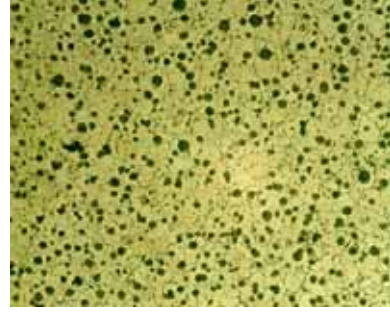
(1)



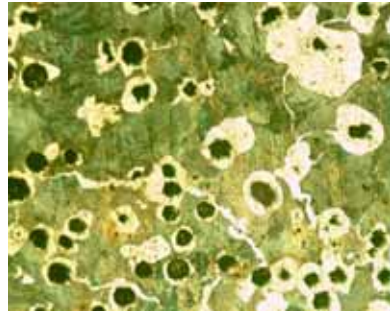
(2)



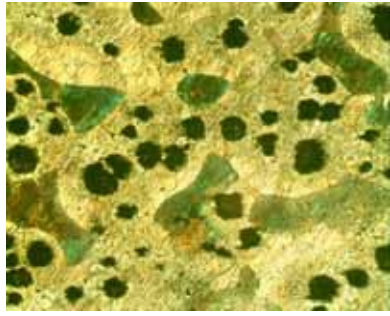
(3)



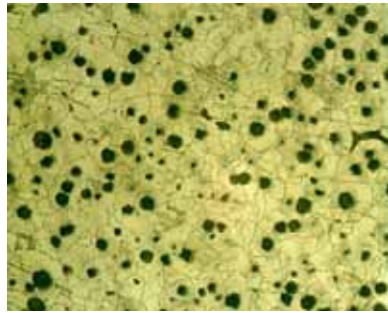
(4)



(5)



(6)



(7)

Şekil 8. Test parçalarında iç yapılar (100 X)

Sb eklenmemiş test örneklerinde içyapı tamamen ferritiktir (Şekil 7). Buna karşın, kimyasal içerikteki Sb oranı arttıkça iç yapıdaki perlit oranı da artmakta ve % 0.020 Sb oranında perlit yoğun bir yapıya ulaşılmaktadır (Şekil 8 ve Çizelge 4). Bu nedenle de ilgili malzeme için gereken içyapı ve mekanik değerleri sağlayabilmek amacıyla Sb nin CHG oluşumunu engelleyecek en düşük oranda katılması gerekmektedir. Deney koşullarında da bu oran %0.010 dur.

4. SONUÇ

- 1- CHG oluşumunun akma dayanımı üzerine bir etkisi yoktur. Ancak, CHG oluşumu ile birlikte çekme dayanımı ve özellikle de uzama ve kesit daralmaları belirgin bir şekilde düşmektedir.
- 2- Dış soğutucu kullanımı CHG oluşumunu belirgin bir şekilde azaltmaktadır (ortalama % 32).
- 3- CHG oluşumunu engellemekte en etkili yöntem ana metal kimyasal içeriğine katılan Sb olmaktadır.
- 4- % 0.010 oranında katılan Sb, sifero dökme demirin nodul sayısını, mekanik özelliklerini ve iç yapısını belirgin bir şekilde etkilememektedir.

5. KAYNAKÇA

1. P. Lararnaga ve arkadaşları, "Effect of Antimony on the Eutectic Reaction of Heavy Section Spheroidal Graphite Castings", International Journal of Cast Metal research, Vol. 22, 2009, P. 192
2. J. Lacaze ve arkadaşları, "Effect of Carbon Equivalent on Graphite Formation in Heavy-Section Ductile Iron Parts", Material Science Forum, Vol. 636-637, 2010, P. 52
3. Xiaogang Diao ve arkadaşları, "Microstructure Evolution of Heavy Section Ductile Iron", Advanced Material Research, Vol. 97-101, 2010, P.1020
4. Sorelmetal, "Suggestions for Ductile Iron Production", Issue No: 93, RTZ Iron and Titanium Inc., March 1999
5. J. marks, American Foundrymen's Society, Cast Expo'99, "Metallography of Ductile Iron", CastExpo'99, March 13-16, 1999
6. Sorelmetal, "Suggestions for Ductile Iron Production", Issue No: 80, RTZ Iron and Titanium Inc., January 1998